

Gas pressure actuator capable of stably driving and controlling its slider, and method for controlling the gas pressure actuator

Patent Number: ☐ US2004050244
Publication date: 2004-03-18
Inventor(s): MAKINO FUMINORI (JP); SAKAKI KAZUTOSHI (JP)
Applicant(s):
Requested Patent: JP2002295404
Application Number: US20020241761 20020912
Priority Number(s): US20020241761 20020912; JP20010098427 20010330
IPC Classification: F15B9/03
EC Classification: F15B9/09
Equivalents: ☐ US6789457

Abstract

A controlling and computing device performs the steps of: differentiating a slider position represented by a position detection signal fed from a position sensor, and calculating the velocity of the slider, differentiating the calculated velocity so as to calculate an acceleration: using a slider target position, the slider position, the velocity and the acceleration to calculate position instruction values to be fed to two servo amplifiers; performing a computation on the respectively calculated position instruction values, so as to compensate for a pressure change which has occurred in each of pressure chambers due to a change in the position of a pressure receiving plate in a cylinder chamber; and producing the respectively compensated position instruction values to the two servo amplifiers.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-295404

(P2002-295404A)

(43) 公開日 平成14年10月9日 (2002. 10. 9)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)		
F 1 5 B	9/09	F 1 5 B	9/09	F	3 H 0 0 1
	11/06	G 0 5 D	3/00	D	3 H 0 8 9
G 0 5 D	3/00		3/12	3 0 5 L	5 H 3 0 3
	3/12	3 0 5	F 1 5 B	11/06	H

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-98427 (P2001-98427)

(22) 出願日 平成13年3月30日 (2001. 3. 30)

(71) 出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区北品川五丁目9番11号

(72) 発明者 榊 和敏

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重

機械工業株式会社平塚事業所内

(72) 発明者 牧野 史紀

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重

機械工業株式会社平塚事業所内

(74) 代理人 100071272

弁理士 後藤 洋介 (外1名)

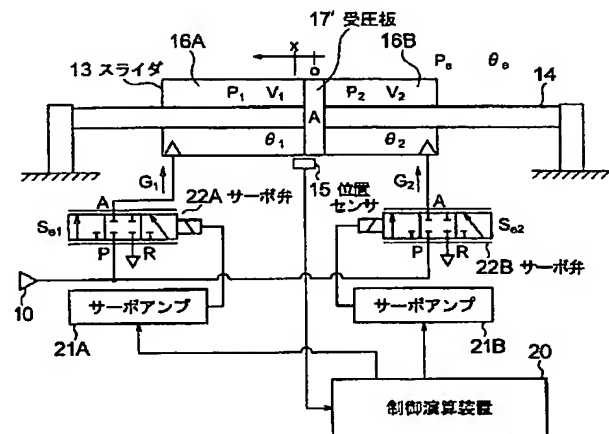
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 気体圧アクチュエータ及びその制御方法

(57) 【要約】

【課題】 スライダの位置による動特性変化を補償し、スライダをストローク内で安定に制御することのできる気体圧アクチュエータを提供する。

【解決手段】 制御演算装置 20 は、位置センサ 15 からの位置検出信号で示されるスライダ 13 の位置を微分してスライダの速度を算出すると共に、算出された速度を微分して加速度を算出するステップと、スライダ目標位置と、スライダ位置、スライダ速度、スライダ加速度を用いてサーボアンプ 21 A、21 B へ出力すべき位置指令値を算出するステップと、算出されたそれぞれの位置指令値に対して、スライダ内における受圧板 17' の位置変化に起因する圧力室 16 A、16 B の圧力変化分を補償する演算を行って、それぞれ補償された位置指令値を 2 つのサーボアンプへ出力するステップとを実行する。



【特許請求の範囲】

【請求項１】 ガイド部とこれに沿って移動可能なスライダとを含み、前記ガイド部と前記スライダとの間にシリンダ室を形成すると共に、該シリンダ室を移動方向に関して２つの圧力室に区画する受圧板を前記ガイド部、前記スライダの一方に設け、２つに区画された圧力室にそれぞれ、サーボ弁を介して圧縮気体を出入り可能にすることで前記２つの圧力室の差圧で前記スライダを駆動するようにした気体圧アクチュエータであって、前記スライダの位置を検出するための位置センサと、前記２つのサーボ弁をそれぞれ制御するための２つのサーボアンプと、前記位置センサからの位置検出信号を受けて前記２つのサーボアンプに位置指令値を出力する制御演算装置とを備えた気体圧アクチュエータの制御方法において、

前記制御演算装置は、前記２つのサーボアンプに与える各位置指令値に対して、前記シリンダ室内における前記受圧板の位置変化に起因する各圧力室の圧力変化分を補償する演算を行ったうえで、それぞれ補償された位置指令値を前記２つのサーボアンプへ出力することを特徴とする気体圧アクチュエータの制御方法。

【請求項２】 ガイド部とこれに沿って移動可能なスライダとを含み、前記ガイド部と前記スライダとの間にシリンダ室を形成すると共に、該シリンダ室を移動方向に関して２つの圧力室に区画する受圧板を前記ガイド部、前記スライダの一方に設け、２つに区画された圧力室にそれぞれ、サーボ弁を介して圧縮気体を出入り可能にすることで前記２つの圧力室の差圧で前記スライダを駆動するようにした気体圧アクチュエータであって、前記スライダの位置を検出するための位置センサと、前記２つのサーボ弁をそれぞれ制御するための２つのサーボアンプと、前記位置センサからの位置検出信号を受けて前記２つのサーボアンプに位置指令値を出力する制御演算装置とを備えた気体圧アクチュエータにおいて、前記制御演算装置は、前記位置検出信号で示されるスライダ位置を微分してスライダの速度を算出すると共に、算出された速度を微分して加速度を算出するステップと、

スライダ目標位置と、前記スライダ位置、前記速度、前記加速度を用いて前記２つのサーボアンプへ出力すべき位置指令値を算出するステップと、

算出されたそれぞれの位置指令値に対して、前記シリンダ室内における前記受圧板の位置変化に起因する各圧力室の圧力変化分を補償する演算を行って、それぞれ補償された位置指令値を前記２つのサーボアンプへ出力するステップとを実行することを特徴とする気体圧アクチュエータ。

【請求項３】 請求項２記載の気体圧アクチュエータにおいて、前記ガイド部は少なくとも一端側を固定した軸体であり、前記スライダは、前記軸体が貫通したシリ

ダであり、前記スライダに前記受圧板が取り付けられていることを特徴とする気体圧アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、気体圧アクチュエータ、特に空気圧アクチュエータ及びその制御方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】図２を参照して、気体圧アクチュエータの一例として、本発明者らにより提案されている空気圧アクチュエータについて説明する。図２において、空気圧アクチュエータは、両端部を支持体により固定されて一軸方向に延びるガイド軸１４と、これに沿って移動可能なスライダ１３とを含む。スライダ１３は、ガイド軸１３の周囲を囲むことができるような筒状体であり、ガイド軸１４の外周との間にシリンダ空間ができるようにされている。このシリンダ空間は、圧力室として使用されるものであり、このシリンダ空間を軸方向に関して２つの圧力室１６Ａ、１６Ｂに区画する受圧板（隔壁）１７をスライダ１３の内壁に固定している。受圧板１７もスライダ１３と共にガイド軸１４に沿ってスライド可能である。ガイド軸１４の両側にはそれぞれ、周方向に間隔をおいて複数の静圧空気軸受１２を設け、これらの静圧空気軸受１２にはレギュレータ１１Ａを介して空気圧源１０を接続している。このために、ガイド軸１４には静圧空気軸受１２に至る空気通路が形成されている。静圧空気軸受自体は良く知られているので、詳細な構造については説明を省略する。ガイド軸１４の両側にはまた、２つに区画された圧力室１６Ａ、１６Ｂにそれぞれ、圧縮空気を出入り可能にするための給気系を接続している。このために、上記の静圧空気軸受用の空気通路とは別に、ガイド軸１４にはその両端から圧力室１６Ａ、１６Ｂに至る空気通路が形成されている。これらの給気系はそれぞれ、サーボ弁２２Ａ、２２Ｂを備え、これらのサーボ弁２２Ａ、２２Ｂもレギュレータ１１Ｂを介して空気圧源１０に接続されている。

【０００３】空気圧源１０からレギュレータ１１Ａで適当な圧力に調節された空気が静圧空気軸受１２に供給される。この静圧空気軸受１２の空気によりスライダ１３がガイド軸１４から浮上し、スライダ１３はガイド軸１４に対して非接触で移動が可能となる。したがって、移動に際しての摺動抵抗をもたない。また、リニアスケール等による位置センサ１５によりスライダ１３の位置を検出しその位置情報を電気信号により出力する。位置センサ１５からの位置検出信号は制御演算装置２０に入力される。

【０００４】制御演算装置２０では入力された位置情報をもとに制御演算を行い、サーボアンプ２１Ａ、２１Ｂに位置指令信号を出力する。この際、サーボアンプ２１Ａ、２１Ｂへの指令値は、絶対値が同じで符号を反転さ

せた値を用いる。

【0005】サーボ弁22A、22Bはレギュレータ11Bにより適当な圧力に調節された圧縮空気が供給されており、サーボ弁22A、22B内のスプール位置により通過する流量が変動する。サーボ弁22A、22Bを通過した空気はスライダ13内に設けられた2つの圧力室16A、16Bに供給される。その結果、圧力室16A、16Bには差圧が生じ、この差圧がスライダ13の内壁に取り付けられた受圧板17に作用し、スライダ13を移動させる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このような空気圧アクチュエータは、コンパクトな構造で大きな出力を制御できるため2点間の位置決め用アクチュエータとしての利用が期待されている。しかし、連続位置決めを行う場合、このような空気圧アクチュエータは、受圧板の位置による動特性変化等の非線形特性によって安定した制御が難しく、スライダの機械的ストロークに対して有効ストロークを長く取ることが困難である。これは、シリンダ室内で受圧板の位置が変化すると圧力室の圧力も変化し、これが安定制御に影響を及ぼすからである。

【0007】そこで、本発明の課題は、スライダを2つのサーボ弁を用いて気体圧により駆動する気体圧アクチュエータにおいて、スライダの位置による動特性変化を補償し、スライダをストローク内で安定に制御することのできる気体圧アクチュエータ及びその制御方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、ガイド部とこれに沿って移動可能なスライダとを含み、前記ガイド部と前記スライダとの間にシリンダ室を形成すると共に、該シリンダ室を移動方向に関して2つの圧力室に区画する受圧板を前記ガイド部、前記スライダの一方に設け、2つに区画された圧力室にそれぞれ、サーボ弁を介して圧縮気体を出入り可能にすることで前記2つの圧力室の差圧で前記スライダを駆動するようにした気体圧アクチュエータであって、前記スライダの位置を検出するための位置センサと、前記2つのサーボ弁をそれぞれ制御するための2つのサーボアンプと、前記位置センサからの位置検出信号を受けて前記2つのサーボアンプに位置指令値を出力する制御演算装置とを備えた気体圧アクチュエータの制御方法において、前記制御演算装置は、前記2つのサーボアンプに与える各位置指令値に対して、前記シリンダ室内における前記受圧板の位置変化に起因する各圧力室の圧力変化分を補償する演算を行ったうえで、それぞれ補償された位置指令値を前記2つのサーボアンプへ出力することを特徴とする。

【0009】本発明によればまた、ガイド部とこれに沿って移動可能なスライダとを含み、前記ガイド部と前記スライダとの間にシリンダ室を形成すると共に、該シリ

ンダ室を移動方向に関して2つの圧力室に区画する受圧板を前記ガイド部、前記スライダの一方に設け、2つに区画された圧力室にそれぞれ、サーボ弁を介して圧縮気体を出入り可能にすることで前記2つの圧力室の差圧で前記スライダを駆動するようにした気体圧アクチュエータであって、前記スライダの位置を検出するための位置センサと、前記2つのサーボ弁をそれぞれ制御するための2つのサーボアンプと、前記位置センサからの位置検出信号を受けて前記2つのサーボアンプに位置指令値を出力する制御演算装置とを備えた気体圧アクチュエータにおいて、前記制御演算装置は、前記位置検出信号で示されるスライダ位置を微分してスライダの速度を算出すると共に、算出された速度を更に微分して加速度を算出するステップと、スライダ目標位置と、前記スライダ位置、前記速度、前記加速度を用いて前記2つのサーボアンプへ出力すべき位置指令値を算出するステップと、算出されたそれぞれの位置指令値に対して、前記シリンダ室内における前記受圧板の位置変化に起因する各圧力室の圧力変化分を補償する演算を行って、それぞれ補償された位置指令値を前記2つのサーボアンプへ出力するステップとを実行することを特徴とする気体圧アクチュエータが提供される。

【0010】本気体圧アクチュエータの1つの形態においては、前記ガイド部は少なくとも一端側を固定した軸体であり、前記スライダは、前記軸体が貫通したシリンダであり、前記スライダに前記受圧板が取り付けられる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態を図1を参照して説明する。図1は、図2で説明した空気圧アクチュエータを簡略化して示した図であり、図2と同じ部分には同じ番号を付している。但し、ここでは、受圧板17^{*}がガイド軸14側に固定されているが、動作原理は同じである。つまり、ここでは、スライダ13内全体を1つのシリンダ室とした場合、圧力室16A、16Bの差圧でスライダ13が移動することによりスライダ13内で受圧板17^{*}の位置が変化することになる。これは、本発明による気体圧アクチュエータは、受圧板がガイド部側、スライダ側のいずれに固定される場合でも適用可能であることを意味する。また、スライダ13を非接触で支持する静圧空気軸受については図示を省略しているが、スライダ13は図2と同様の構造で非接触支持される。

【0012】さて、以下に示す主な記号は、圧力P、体積V、温度 θ 、気体定数R、受圧面積Aであり、添え字1は圧力室16A側、添え字2は圧力室16B側の状態量を示すものとする。また、以降で示される様々な式中で、記号の上に1つの・（ドット）のついているものは時間微分を示し、例えば記号xの上にドットが1つついているものは便宜上、xドットと呼び、記号xの上にド

ットが2つついているものはxダブルドットと呼ぶ。一方、記号の上にー(バー)のついているもの、例えば記号Pの上にバーのついているものはPバーと呼ぶことにする。

【0013】本空気圧アクチュエータは、前に述べたように2つのサーボ弁22A、22B、2つのサーボアンプ21A、21B、制御演算装置20を用いて圧力室16A、16Bへの圧縮空気流量を制御し、圧力室16A、16B間の差圧によりスライダ13を駆動するアクチュエータである。

【0014】圧力室内の気体の状態変化を断熱変化(断熱係数 κ)と仮定した場合、状態変化は次の数1で表わされる。

【0015】

【数1】

$$\dot{P}_1 = -\frac{\kappa A P_1}{V_1} \dot{x} + \frac{\kappa R \theta_1}{V_1} G_1$$

但し、 G_1 はサーボ弁22Aから供給される気体の質量流量を表わす。

【0016】数1の状態方程式は非線形であるため、圧力室の体積が変わると特性は変化する。

【0017】受圧板17がスライダ13の中央付近に位置した状態でスライダ13が停止している状態(圧力Pバー、体積Vバー、温度 θ バー)を基準状態として線形化すると、以下の数2となる。

【0018】

【数2】

$$\dot{P}_1 = -\frac{\kappa A \bar{P}}{\bar{V}} \dot{x} + \frac{\kappa R \bar{\theta}}{\bar{V}} G_1$$

【0019】このとき温度変化は非常に小さいとして $\theta_1 = \theta$ バーとしている。数2は、スライダ中央を基準状態として、体積をVバー=一定としているので特性変化はない。

【0020】数1の入力 G_1 を G_1 とし、以下の数3とし、次の数4のような入力を考える。

【0021】

【数3】

$$\dot{P}_1 = -\frac{\kappa A P_1}{V_1} \dot{x} + \frac{\kappa R \theta_1}{V_1} G_1'$$

【数4】

$$G_1' = \frac{A V_1}{R \theta_1} \left(-\frac{\bar{P}}{\bar{V}} + \frac{P_1}{V_1} \right) \dot{x} + \frac{V_1 \bar{\theta}}{\bar{V} \theta_1} G_1$$

【0022】数4を数3に代入すると、数1の非線形方程式が数2の線形方程式と等しくなる。

【0023】サーボ弁22Aの通過流量式を線形化した式(サーボ弁22Aを給気、サーボ弁22Bを排気の状態としている)は、以下の数5で表される。

【0024】

【数5】

$$G_1 = K_f K_{se} \delta \frac{\bar{P}}{\sqrt{R \theta}} u_1$$

【0025】但し、 K_f 、 δ はサーボ弁の形状や供給圧力で決まる係数、 K_{se} はサーボ弁開度とサーボアンプへの指令とのゲイン、 u_1 はサーボアンプ21Aへの位置指令値である。

【0026】数5で新たなサーボアンプ21Aへの入力を u_1 とし、数4、数5から以下の数6とすれば、

【数6】

$$u_1' = \frac{A V_1 \sqrt{R \theta}}{K_f K_{se} \delta \bar{P} R \theta_1} \left(-\frac{\bar{P}}{\bar{V}} + \frac{P_1}{V_1} \right) \dot{x} + \frac{V_1 \bar{\theta}}{\bar{V} \theta_1} u_1$$

数4の補償(質量流量の式)をサーボアンプ21Aへの指令値の式に変換できる。この式は、制御演算装置20からサーボアンプ21Aへの指令を入出力としているので、数6の演算を制御演算装置20で行い、新しい入力 u_1 をサーボアンプ21Aに出力する。

【0027】圧力室16Bについては、サーボ弁22Bが排気側と仮定しているため、サーボ弁22Bの通過流量式は、以下の数7で表される。

【0028】

【数7】

$$G_2 = K_f K_{se} \frac{\bar{P}}{\sqrt{R \theta}} u_2$$

【0029】圧力室16B側についても同様に数6に対応する式を導くと、以下の数8となる。

【0030】

【数8】

$$u_2' = \frac{A V_2 \sqrt{R \theta}}{K_f K_{se} \bar{P} R \theta_2} \left(\frac{\bar{P}}{\bar{V}} - \frac{P_2}{V_2} \right) \dot{x} + \frac{V_2 \bar{\theta}}{\bar{V} \theta_2} u_2$$

【0031】数6、数8のような補償を制御演算装置20で行われる制御演算に入れることによって、スライダ13の位置、すなわちスライダ13内での受圧板17の位置変化による動特性変化は打ち消され、動特性はスライダ13内での受圧板17の位置によらずスライダ13の中央にある場合の特性と一致する。

【0032】以下に、制御演算装置20の作用を順に説明する。

【0033】(1) 位置センサ15によりスライダ13の位置が検出され、位置情報を示す電気信号が得られる。位置センサ15からの位置検出信号は制御演算装置20に入力される。制御演算装置20では以下のような演算(2)～(6)を行う。

【0034】(2) 位置センサ15から入力したスライダ位置 x を微分して速度 \dot{x} ドット、更に微分して加速度 \ddot{x} ダブルドットを計算する。

【0035】(3) スライダ目標位置 X_{ref} とスライダ

位置 x 、速度 \dot{x} 、加速度 \ddot{x} より、以下の数9に基づいて位置指令値 u を計算する。

【0036】

【数9】

$$u = K_p(x_{ref} - x) - K_v\dot{x} - K_a\ddot{x}$$

【0037】但し、 K_p 、 K_v 、 K_a はそれぞれ適宜に設計された比例ゲイン、速度ゲイン、加速度ゲインである。

【0038】(4) サーボンプ21A、21Bへの位置指令値 u_1 、 u_2 を次のように計算する。

【0039】 $u_1 = u$

$u_2 = -u$

(5) サーボンプ21Aへの新たな位置指令値 u_1 を数6を用いて次の数10のように計算する。

【0040】

【数10】

$$u_1' = \frac{AV_1}{K_f K_a \delta P \sqrt{R\theta_a}} \left(-\frac{\bar{P}}{\bar{V}} + \frac{\bar{P}}{V_1} \right) \dot{x} + \frac{V_1}{\bar{V}} u_1$$

【0041】ここでは、数6の圧力 P_1 をスライダ停止時の平衡圧 \bar{P} （あらかじめ計測されている）、温度 θ_1 を平衡温度 θ （＝大気温度 θ_a ）としている。また、サーボンプ21Bへの位置指令値 u_2 を数8を用いて下記の数11のように計算する。

【0042】

【数11】

$$u_2' = \frac{AV_2}{K_f K_a \bar{P} \sqrt{R\theta_a}} \left(\frac{\bar{P}}{\bar{V}} - \frac{\bar{P}}{V_2} \right) \dot{x} + \frac{V_2}{\bar{V}} u_2$$

【0043】ここでも、数8の圧力 P_2 をスライダ停止時の平衡圧 \bar{P} 、温度 θ_2 を平衡温度 θ （＝大気温度 θ_a ）としている。

【0044】なお、数10、数11はサーボ弁22Aを供給側、サーボ弁22Bを排気側としている。

【0045】供給側と排気側とが逆の場合は、以下の数12、数13を用いる。

【0046】

【数12】

$$u_1' = \frac{AV_1}{K_f K_a \bar{P} \sqrt{R\theta_a}} \left(-\frac{\bar{P}}{\bar{V}} + \frac{\bar{P}}{V_1} \right) \dot{x} + \frac{V_1}{\bar{V}} u_1$$

【数13】

$$u_2' = \frac{AV_2}{K_f K_a \delta P \sqrt{R\theta_a}} \left(\frac{\bar{P}}{\bar{V}} - \frac{\bar{P}}{V_2} \right) \dot{x} + \frac{V_2}{\bar{V}} u_2$$

【0047】なお、 V_1 、 V_2 はスライダ13内の断面積が軸方向に関して一定であり、既知であるので、スライダ13の位置を知ることによって算出できる。

【0048】(6) 位置指令値 u_1 をサーボンプ2

1Aに、位置指令値 u_2 をサーボンプ21Bに出力する。

【0049】(7) サーボンプ21A、21Bは、位置指令値に従いサーボ弁22A、22Bのスプール位置をそれぞれ制御する。サーボ弁22A、22Bには適切な圧力に調節された空気が供給されており、サーボ弁22A、22Bのスプール位置により通過する圧縮空気流量が変動する。

【0050】(8) サーボ弁22A、22Bを通過した空気はスライダ13内の2つの圧力室16A、16Bに供給される。そして、圧力室16A、16Bの差圧がスライダ13に作用しスライダ13を駆動させる。

【0051】(9) (1) から(8)を繰り返しスライダ13を目標位置 x_{ref} に位置制御する。

【0052】以上の説明で明らかなように、本発明は2つのサーボ弁により2つの圧力室への圧縮空気流量を制御し、スライダの位置制御を行う複動形空気圧アクチュエータにおいて、有効ストロークを長く取り安定した位置決め制御を行うために、制御方式にスライダ位置変化による動特性変化の補償を加えた位置決め制御を行うようにしたものである。

【0053】ところで、上記の数6、数8は、気体の状態変化を断熱変化として導出したが、断熱係数 κ をポリトロープ指数 n に置き換えて導出しても同様の式が得られるので、本発明は他の状態変化（等温変化など）の場合も適用可能である。以下に、この場合について説明する。

【0054】圧力室の状態方程式は、気体の状態変化をポリトロープ変化と仮定すると、以下の数14で表され、

【数14】

$$\dot{P}_1 = \frac{-nAP_1}{V_1} \dot{x} + \frac{nR\theta_1}{V_1} G_1'$$

線形化モデルの状態方程式は、以下の数15で表される。

【0055】

【数15】

$$\dot{P}_1 = \frac{-nA\bar{P}}{\bar{V}} \dot{x} + \frac{nR\theta_a}{\bar{V}} G_1$$

但し、 n はポリトロープ指数である。

【0056】数15の線形化モデル式に対して決定されるサーボ弁流量による圧力変化で、容積 V 、圧力 P 、温度 θ が変化し線形化モデルとの間に差異が生じる。線形化モデルにより決定された流量値と数14の非線形モデル式による圧力応答が同じになるようにするためには、以下の数16、数17とすれば良い。

【0057】

【数16】

$$G_1' = \frac{AV_1}{R\theta_1} \left(\frac{\bar{P}}{\bar{V}} + \frac{P_1}{V_1} \right) \dot{x} + \frac{\theta_a V_1}{\theta_1 \bar{V}} G_1$$

【数17】

$$G_2' = -\frac{AV_2}{R\theta_2} \left(\frac{\bar{P}}{\bar{V}} + \frac{P_2}{V_2} \right) \dot{x} + \frac{\theta_a V_2}{\theta_2 \bar{V}} G_2$$

【0058】ここで、容積変化による影響のみを補償する。圧力、温度変化を無視すると、 $P_1 = P_2 = P$ 、 $\theta_1 = \theta_2 = \theta_a$ であるから、以下の数18、数19のようになる。

【0059】

【数18】

$$G_1' = \frac{A\bar{P}}{R\theta_a} \left(\frac{V_1}{\bar{V}} + 1 \right) \dot{x} + \frac{V_1}{\bar{V}} G_1$$

【数19】

$$G_2' = -\frac{A\bar{P}}{R\theta_a} \left(\frac{V_2}{\bar{V}} + 1 \right) \dot{x} + \frac{V_2}{\bar{V}} G_2$$

ここで、以下の数20、数21より、

【数20】

$$G_1 = \frac{K_f \delta S_{e1} \bar{P}}{\sqrt{R\theta_a}}$$

【数21】

$$G_2 = \frac{K_f S_{e2} \bar{P}}{\sqrt{R\theta_a}}$$

但し、 S_{e1} 、 S_{e2} はそれぞれ、サーボ弁22A、22Bを通過する流路の有効断面積で、有効断面積で表すと、以下の数22、23であり、

【数22】

$$S_{e1}' = \frac{A}{K_f \delta \sqrt{R\theta_a}} \left(-\frac{V_1}{\bar{V}} + 1 \right) \dot{x} + \frac{V_1}{\bar{V}} S_{e1}$$

【数23】

$$S_{e2}' = -\frac{A}{K_f \sqrt{R\theta_a}} \left(\frac{V_2}{\bar{V}} + 1 \right) \dot{x} + \frac{V_2}{\bar{V}} S_{e2}$$

更に、以下の式

$$S_{e1} = K_{se} u_1$$

$$S_{e2} = K_{se} u_2$$

により、位置指令値（電圧）で表すと、以下の数24、数25となる。

【0060】

【数24】

$$u_1' = \frac{A}{K_f \delta K_{se} \sqrt{R\theta_a}} \left(-\frac{V_1}{\bar{V}} - 1 \right) \dot{x} + \frac{V_1}{\bar{V}} u_1$$

【数25】

$$u_2' = -\frac{A}{K_f K_{se} \sqrt{R\theta_a}} \left(-\frac{V_2}{\bar{V}} + 1 \right) \dot{x} + \frac{V_2}{\bar{V}} u_2$$

【0061】以上のようにして、気体の状態変化が断熱変化の場合と同様に、スライダ位置変化による動特性変化の補償を加えた位置決め制御を行うことができる。

【0062】

【発明の効果】2つのサーボ弁を用いてスライダの位置制御を行う場合、スライダ位置による動特性変化の非線形特性によって安定した制御が難しく、スライダの機械的ストロークに対して有効ストロークを長く取ることが困難であった。

【0063】これに対し、本発明によれば上記の制御装置により、スライダ位置による動特性変化の非線形性を補償し、有効ストロークの拡張と安定した制御を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による空気圧アクチュエータの構成を概略的に示した図である。

【図2】本発明者らにより提案されている空気圧アクチュエータの構成を示した図である。

【符号の説明】

- 10 空気圧源
- 11A、11B レギュレータ
- 12 静圧空気軸受
- 13 スライダ
- 14 ガイド軸
- 15 位置センサ
- 16A、16B 圧力室
- 17、17' 受圧板
- 22A、22B サーボ弁

